

(19)



(11)

EP 2 771 893 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2015 Patentblatt 2015/53

(51) Int Cl.:
H01F 27/26 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12780088.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/004235

(22) Anmeldetag: **10.10.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/060421 (02.05.2013 Gazette 2013/18)

(54) **MEHRPHASEN-INDUKTIVITÄTENMODUL**

MULTI-PHASE INDUCTOR MODULE

MODULE D'INDUCTANCE POLYPHASÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **24.10.2011 DE 102011116692**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.09.2014 Patentblatt 2014/36

(73) Patentinhaber: **Sieva d.o.o. - Poslovna Enota Idrija 5280 Idrija (SI)**

(72) Erfinder: **MEDVED, Simon**
SI - 1290 Grosuplje (SI)

(74) Vertreter: **Grättinger Möhring von Poschinger Patentanwälte Partnerschaft**
Wittelsbacherstrasse 2b
82319 Starnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 037 407 US-A1- 2010 007 457

EP 2 771 893 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrphasen-Induktivitätenmodul, insbesondere für einen Gleichstrom-Spannungswandler, umfassend eine Weichmagnet-Kernstruktur und eine Mehrzahl von Leitern.

[0002] Mehrphasen-Induktivitätenmodule der vorstehend genannten Art finden insbesondere Verwendung im Rahmen von Gleichstrom-Spannungswandlern. Einen einschlägigen Stand der Technik bilden insoweit beispielsweise die US 6362986 B1, die EP 2081287 A1, die WO 2009/037135 A1, die WO 01/75911 A1 und die US 2003/0206087 A1. Auch die US 2010/0007457 A1 offenbart Mehrphasen-Induktivitätenmodule. Diese bestehen teilweise aus zwei Kernscheiben und zwischen diesen eingelegten Leitern.

[0003] Im Lichte des bestehenden Standes der Technik ist die vorliegende Erfindung darauf gerichtet, ein Mehrphasen-Induktivitätenmodul der eingangs angegebenen Art bereitzustellen, dass sich im Sinne einer besonderen Gebrauchstauglichkeit durch eine ausgewogene Kombination praxisrelevanter Vorteile auszeichnet, insbesondere indem es kompakt und zugleich leistungsfähig, kostengünstig herstellbar und zugleich zuverlässig sowie effizient und zugleich tolerant hinsichtlich wechselnder Betriebsbedingungen ist.

[0004] Gelöst wird die vorstehend angegebene Aufgabenstellung durch ein insbesondere für einen Gleichstrom-Spannungswandler geeignetes, eine Weichmagnet-Kernstruktur und eine Mehrzahl von Leitern umfassendes Mehrphasen-Induktivitätenmodul, welches sich durch die nachstehend angegebene Kombination von Merkmalen auszeichnet:

- Die Kernstruktur umfasst mindestens zwei Kernscheiben, welche im Bereich mindestens einer Trennfläche zusammengefügt sind.
- Die Leiter sind untereinander identisch ausgeführt und gleichförmig um eine Achse herum angeordnet.
- Längs der Trennfläche erstrecken sich Kanäle, welche durch die beiden Kernscheiben begrenzt und in welche die Leiter eingelegt sind.
- In den von jeweils einem Leiter umschlossenen Bereichen bestehen Zonen mit gegenüber den verbleibenden Zonen des betreffenden Bereiches erhöhter effektiver Spaltdicke;
- mindestens eine der Kernscheiben weist einen zentralen Durchbruch auf.

[0005] Indem die Kernstruktur mindestens zwei im Bereich einer gemeinsamen, bevorzugt im Wesentlichen ebenen Trennfläche zusammengefügte Kernscheiben umfasst, wobei sich längs jener Trennfläche Kanäle erstrecken, in welche die Leiter eingelegt sind, lassen sich erfindungsgemäße Mehrphasen-Induktivitätenmodule mit einem vergleichsweise geringen Herstellungsaufwand fertigen. Dazu trägt insbesondere bei, dass - vor dem Zusammenfügen der beiden Kernscheiben - in die be-

sagten Kanäle vorgefertigte Leiter eingelegt werden können, d.h. die Leiter nicht individuell auf Vorsprüngen der Kernstruktur gewickelt oder auf sonstige Weise geformt werden müssen. Zu besonders geringen Herstellungskosten vermag dabei weiterhin beizutragen, dass sämtliche Leiter untereinander identisch ausgeführt sind. Durch die gleichförmige Anordnung der einzelnen Leiter um eine Achse herum - und somit auch der von den einzelnen Leitern umgrenzten Bereiche - ergibt sich eine ideale Symmetrie auch der elektrischen bzw. magnetischen Eigenschaften der einzelnen Phasen, was sich in einer besonders homogenen, gleichförmigen Spannungswandlung niederschlägt. Der in mindestens einer der Kernscheiben vorgesehene zentrale Durchbruch ist von Vorteil im Hinblick auf eine günstige Leistungscharakteristik des Induktivitätenmoduls. Zu den hervorragenden Leistungsdaten des erfindungsgemäßen Mehrphasen-Induktivitätenmoduls trägt weiterhin bei, dass jeder jener Bereiche, die von jeweils einem Leiter umschlossen bzw. begrenzt sind, im Bereich der Trennfläche Zonen aufweist, welche gegenüber den verbleibenden Zonen des betreffenden Bereichs eine erhöhte effektive Spaltdicke aufweisen. Dies verhindert eine magnetische Sättigung des induktive Effekte nutzenden Gesamtsystems, was hinwiederum erlaubt, dass ein mit dem erfindungsgemäßen Mehrphasen-Induktivitätenmodul ausgestatteter Gleichstrom-Spannungswandler hochdynamisch auf abrupte Änderungen der Eingangsspannung reagiert. Die erfindungsgemäß ausgeführte Kombination der Weichmagnet-Kernstruktur und der darin - in die betreffenden Kanäle - eingebetteten Leiter gewährleistet im Sinne optimaler Betriebseigenschaften sowohl den (ausgeprägten) magnetischen Anschluss benachbarter Leiter untereinander als auch, in reduziertem Umfang, den magnetischen Anschluss (die magnetische Koppelung) sämtlicher Leiter untereinander sowie einen bestimmten magnetischen Anschluss um jeden einzelnen, individuellen Leiter. All die vorstehend dargelegten hervorragenden technischen, funktionellen sowie wirtschaftlichen Vorteile lassen sich im übrigen, was einen weiteren bedeutenden Vorteil der vorliegenden Erfindung darstellt, bei einem besonders kompakten Mehrphasen-Induktivitätenmodul realisieren.

[0006] Herstellungstechnisch ist es besonders einfach, wenn die zwischen den beiden Kernscheiben bestehende Trennfläche eben ist, wobei die Achse des Induktivitätenmoduls zweckmäßigerweise auf der Trennebene, d.h. der Ebene der Trennfläche senkrecht steht. Dabei verlaufen die Leiter besonders bevorzugt zumindest abschnittsweise parallel nicht nur jeweils zueinander sondern auch zur Trennebene. Ein vergleichsweise einfacher Aufbau mit geringem Herstellungsaufwand und einer einfachen Montage sind die sich hieraus ergebenden Vorteile. Zwingend sind diese Gestaltungsmerkmale indessen nicht.

[0007] Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung der Erfindung verlaufen in jedem Kanal zueinander parallele Abschnitte zweier einander benachbarter Lei-

ter. Beim Betrieb des Mehrphasen-Induktivitätenmoduls im Rahmen eines Gleichstrom-Spannungswandlers sind die betreffenden, in jeweils einem Kanal parallel zueinander verlaufenden Abschnitte der beiden jeweils einander benachbarten Leiter typischerweise in entgegengesetzter Richtung stromdurchflossen. Die beiden jeweils betreffenden Leiter sind, mit anderen Worten, über ihre parallel zueinander im selben Kanal der Weichmagnet-Kernstruktur verlaufenden Abschnitte induktiv miteinander gekoppelt. Auch dies ist ein Merkmal, was sich positiv auf das Betriebsverhalten eines mit dem Mehrphasen-Induktivitätenmodul ausgestatteten Gleichstrom-Spannungswandlers auswirkt.

[0008] Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfasst das Mehrphasen-Induktivitätenmodul, d.h. dessen Weichmagnet-Kernstruktur, zwei identisch ausgeführte und spiegelbildlich zueinander angeordnete Kernscheiben. Bei dieser Weiterbildung weisen somit beide Kernscheiben angrenzend an die gemeinsame Trennfläche jeweils die Kanäle bildende Nuten auf. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die an die Trennfläche angrenzenden Nuten der beiden Kernscheiben einander - zur Bildung eines gemeinsamen Kanals - teilweise überlappen, was sich gemäß einer weiterhin bevorzugten Weiterbildung vorteilhafter Weise dadurch erreichen lässt, dass die Nuten jeweils um eine gegenüber ihrer halben Breite geringeres Maß relativ zu einem zugeordneten Radius versetzt sind. Eine solche teilweise Überlappung der beiden jeweils einen gemeinsamen Kanal begrenzenden Nuten geht Hand in Hand mit einem entsprechenden Versatz der beiden in die betreffenden Nuten eingelegten Abschnitte der betreffenden Leiter in Umfangsrichtung, was sich besonders günstig auf das in der Kernstruktur induzierte Magnetfeld auswirkt.

[0009] Zwingend ist der vorstehend erläuterte Versatz von jeweils zwei Nuten, welche gemeinsam einen Kanal definieren und begrenzen, indessen nicht. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können die besagten, in beiden Kernscheiben ausgeführten Nuten einander vielmehr auch vollständig überlappen, insbesondere indem sie sich - bei zwei identisch gestalteten Kernscheiben - exakt längs eines jeweils zugeordneten Radius' erstrecken.

[0010] Wenngleich eine identische Ausführung der beiden Kernscheiben unter Aspekten der Herstellungskosten günstig ist, so ist sie indessen keineswegs zwingend. Vielmehr kann die Weichmagnet-Kernstruktur auch aus zwei unterschiedlichen Kernscheiben zusammengefügt sein, namentlich dergestalt, dass nur eine der beiden Kernscheiben angrenzend an die gemeinsame Trennfläche Nuten aufweist. Im Hinblick auf eine gute Leistungscharakteristik ist dabei besonders vorteilhaft, wenn in den Nuten bzw. Kanälen zwischen den beiden jeweils darin aufgenommenen Leitern bzw. Leiterabschnitten Stege aus weichmagnetischem Material angeordnet sind, so dass die Leiterabschnitte nicht unmittelbar aneinander anliegen. Solche Stege können dabei in-

tegraler Bestandteil einer der beiden Kernscheiben sein. Es kann sich bei ihnen indessen auch um separate Teile handeln, welche zwischen den beiden Leiterabschnitten eingelegt werden. Entsprechendes gilt im Übrigen auch bei der weiter oben erläuterten Weiterbildung, bei welcher beide Kernscheiben angrenzend an die Trennfläche sich radial erstreckende, einander vollständig überlappende Nuten aufweisen, welche gemeinsam den jeweiligen Kanal begrenzen.

[0011] Die Höhe der vorstehend beschriebenen Stege ist zweckmäßigerweise geringer als die entsprechende Erstreckung der Nut bzw. des Kanals, sodass zwischen dem Steg und mindestens einer der beiden Kernscheiben ein Luftspalt verbleibt. Dies kommt der Leistungscharakteristik insbesondere bei dynamischen Vorgängen zugute.

[0012] Zur Bereitstellung der weiter oben erläuterten Zonen erhöhter effektiver Spaltdicke zwischen den beiden zur Weichmagnet-Kernstruktur zusammengeführten Kernscheiben sind an mindestens einer der beiden Kernscheiben angrenzend an die Trennfläche, bevorzugt zentrumsnah benachbart zu der Achse Vertiefungen ausgeführt. Die räumliche Erstreckung jener Vertiefungen definiert dabei jeweils jene Zone, innerhalb derer in dem von den jeweils zugeordneten Leiter umschlossenen Bereich die effektive Spaltdicke gegenüber den verbleibenden Zonen des betreffenden Bereiches erhöht ist.

[0013] Eine wiederum andere bevorzugte Weiterbildung der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Kanäle in den in mindestens einer der Kernscheiben vorgesehenen zentralen Durchbruch münden. In dem betreffenden Durchbruch sind jeweils die beiden Abschnitte eines jeden Leiters, welche mit zugeordneten Abschnitten der beiden benachbarten Leiter parallel zueinander in gemeinsamen Kanälen verlaufen, über einen gebogenen Verbindungsabschnitt miteinander verbunden. Der zentrale Durchbruch wirkt sich dabei, indem er das Einlegen vorgefertigter Leiter in die Kernscheibe(n) erleichtert, auch günstig aus im Hinblick auf eine einfache, kostengünstige Herstellung des erfindungsgemäßen Mehrphasen-Induktivitätenmoduls.

[0014] Gemäß einer wiederum anderen bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung umschlingen die Leiter eine jeweils zwischen zwei benachbarten Kanälen verbleibende Erhebung der betreffenden Kernscheibe nur zu weniger als 360°, d.h. es liegt besonders bevorzugt jeweils nur eine unvollständige Umschlingung der betreffenden Erhebung durch den jeweils zugeordneten Leiter vor. Insbesondere haben sich trotz ihres vergleichsweise einfachen Aufbaus erfindungsgemäße Induktivitätenmodule als besonders leistungsfähig erwiesen, bei denen jeder der Leiter eine zugeordnete Erhebung der betreffenden Kernscheibe nur zu etwa zwei Drittel umschlingt. Diese Weiterbildung der Erfindung kommt somit mit vergleichsweise kurzen Leitern aus, was sich in entsprechend geringen Verlusten wie auch entsprechend geringen Herstellungskosten niederschlägt, wobei diese Bauweise auch einer einfachen,

kostengünstigen Fertigung entgegen kommt, weil vorgefertigte Leiter besonders einfach in die entsprechenden Nuten der Kernscheibe(n) eingelegt werden können.

[0015] Besonders bevorzugt weisen die Leiter jeweils radial außen mindestens einen individuellen Anschluss auf, an dem sie kontaktiert werden. Je nach der spezifischen Verwendung des Mehrphasen-Induktivitätenmoduls können die Leiter radial außen auch zwei individuell kontaktierbare Anschlüsse aufweisen. Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung sind die Leiter mit jeweils einem ihrer Enden mit einem gemeinsamen Anschluss kontaktiert. In dem zuletzt genannten Fall ist es besonders günstig, wenn der gemeinsame Anschluss einen um die Achse herum angeordneten Anschlussring umfasst, an welchen jeder der Leiter mit jeweils einem seiner Enden kontaktiert ist.

[0016] Eine wiederum andere bevorzugte Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Kernscheiben im Bereich der Trennfläche miteinander verklebt sind. Eine solche Form des dauerhaften Zusammenfügens der beiden Kernscheiben führt bei geringen Herstellungskosten zu einem langlebigen, dauerhaft zuverlässigen Induktivitätenmodul. Im Hinblick auf die Leistungscharakteristik, insbesondere bei dynamischen Vorgängen, ist es dabei besonders günstig, wenn - zur Bereitstellung einer Mindestspaltbreite zwischen den beiden Kernscheiben - in den Klebstoff Partikel eingebettet sind.

[0017] Als Material für die Weichmagnet-Kernstruktur kommt insbesondere gesintertes Ferrit in Betracht. Indessen lässt sich die vorliegende Erfindung ersichtlich auch unter Verwendung anderer weichmagnetischer Materialien umsetzen.

[0018] Obgleich vorstehend die vorliegende Erfindung erläutert wurde anhand von Mehrphasen-Induktivitätenmodulen, bei denen die Weichmagnet-Kernstruktur aus zwei zusammengefügte Kernscheiben besteht, so ist darauf hinzuweisen, dass dies nicht zwingend ist. Vielmehr lässt sich die vorliegende Erfindung auch bei komplexer aufgebauten Induktivitätenmodulen anwenden, insbesondere bei solchen, bei denen die Kernstruktur drei geschichtete, bevorzugt in zwei zueinander parallelen Trennebenen zusammengefügte Kernscheiben umfasst. Bei einer solchen Ausgestaltung können insbesondere die beiden äußeren Kernscheiben identisch ausgeführt und spiegelbildlich zueinander angeordnet sein und zwischen sich eine Zwischenscheibe aufnehmen. Kanäle, in welchen Abschnitte der Leiter aufgenommen sind, die sich parallel erstrecken zu Abschnitten der jeweils benachbarten Leiter, können dabei - je nach den angestrebten Eigenschaften des Induktivitätenmoduls - im Bereich einer der beiden Trennflächen vorgesehen sein oder aber im Bereich beider Trennflächen.

[0019] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von vier in der Zeichnung veranschaulichten bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 in perspektivischer Ansicht eine erste Ausführungsform eines nach der vorliegenden Erfindung ausgeführten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls,

5 Fig. 2 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 1 bei abgenommener oberer Kernscheibe,

Fig. 3 einen Schnitt durch die in Fig. 2 gezeigte Einheit,

10 Fig. 4 eine Detailansicht des Mehrphasen-Induktivitätenmoduls nach Fig. 1,

Fig. 5 einen partiellen Schnitt durch das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 1,

Fig. 6 einen der Fig. 5 entsprechenden Schnitt durch eine abgewandelte zweite Ausführungsform eines nach der vorliegenden Erfindung ausgeführten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls,

15 Fig. 7 einen der Fig. 5 entsprechenden Schnitt durch eine abermals abgewandelte dritte Ausführungsform eines nach der vorliegenden Erfindung ausgeführten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls,

20 Fig. 8 in perspektivischer Ansicht eine vierte Ausführungsform eines nach der vorliegenden Erfindung ausgeführten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls und

25 Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 8 in perspektivischer Ansicht eine vierte Ausführungsform eines nach der vorliegenden Erfindung ausgeführten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls und

25 Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Fig. 9 das Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Fig. 8 bei abgenommener oberer Kernscheibe.

Kernscheibe 4 bzw. 5 nicht exakt radial ausgerichtet, sondern vielmehr und um ein gegenüber ihrer halben Breite B geringeres Maß relativ zu einem zugeordneten Radius R versetzt.

[0022] Die sechs in die Kernstruktur 2 eingelegten Leiter 3 sind untereinander identisch ausgeführt und gleichförmig um die Achse 7 herum angeordnet. Jeder Leiter 3 weist zwei gerade Abschnitte 13 auf, die einen Winkel von etwa 60° miteinander einschließen und über einen Verbindungsbogen 14 miteinander verbunden sind. Endseitig laufen die Leiter 3 in jeweils zwei Anschlussabschnitte 15 aus, die sich durch entsprechende Kröpfung und Biegung der Leiter 3 im Wesentlichen parallel zur Achse 7 erstrecken. Die sechs Leiter 3 sind dergestalt in die Kanäle 8 der Kernstruktur 2 eingelegt, dass in jedem Kanal 8 zueinander parallel gerade Abschnitte 13 zweier einander benachbarter Leiter 3 verlaufen. Die Verbindungsbogen 14 verlaufen dabei in dem zentralen Durchbruch 10 der Kernstruktur 2.

[0023] Durch die Nuten 11 und 12 sind an der jeweiligen Kernscheibe 4 bzw. 5 sechs Erhebungen 16 definiert, nämlich als die jeweils zwischen zwei einander benachbarten Nuten 11 bzw. 12 bestehenden und durch diese begrenzten Bereiche B. Wie Fig. 2 veranschaulicht umschlingt jeder Leiter 3 eine solche jeweils zwischen zwei benachbarten Kanälen 11 bzw. 12 verbleibende Erhebung 16 nur zu weniger als 360°. Radial außen, benachbart zu der äußeren Umfangsfläche 9 der Kernstruktur besteht zwischen den beiden Anschlussabschnitten 15 ein Abstand X, auf dem die jeweilige Erhebung 16 nicht von dem zugeordneten Leiter 3 umschlungen ist. Im Bereich der Kröpfung und Biegung der Leiter 3 bestehen sich in Umfangsrichtung erstreckende Übergangsabschnitte 17, durch welche sich die beiden Schenkel jedes Leiters 3 einander zwischen den äußeren Enden der beiden geraden Abschnitte 13 und den beiden Anschlussabschnitten 15 auf den verbleibenden Abstand X annähern.

[0024] Wie dies insbesondere der Fig. 2 entnehmbar ist, sind an der unteren Kernscheibe 4 - das Gleiche gilt auch für die obere Kernscheibe 5 - angrenzend an die Trennfläche 6 Vertiefungen V ausgeführt, und zwar zentrumsnah benachbart zu der Achse 7. Auf diese Weise besteht - bei der aus den beiden Kernscheiben 4 und 5 zusammengefügt Kernstruktur 2 - im Bereich der Trennfläche 6 jeweils in dem von einem Leiter 3 umschlossenen Bereich B (radial innen) eine Zone Z1 mit gegenüber der verbleibenden Zone Z2 des betreffenden Bereiches B erhöhter effektiver Spaltdicke zwischen den beiden Kernscheiben. Der Einfluss der Ausführung der Kanäle 8 durch teilweise Überlappung der beiden jeweiligen Nuten 11 und 12 auf das sich bei (entgegengesetzter) Durchströmung der beiden Leiter 3 ergebende Magnetfeld ist durch die beiden Feldlinien F symbolisiert.

[0025] Die Figuren 6 und 7 veranschaulichen zwei die Ausführung der Kanäle betreffende Abwandlungen des vorstehend erläuterten Mehrphasen-Induktivitätenmoduls nach den Fig. 1 bis 5. Nach Fig. 6 sind, zur Bildung

der Kanäle 8.1, nur in der unteren Kernscheibe 4.1 - angrenzend an die zwischen dieser und der oberen Kernscheibe 5.1 bestehende Trennfläche 6.1 - Nuten 11.1 ausgeführt. Die obere Kernscheibe 5.1 ist demgegenüber im Bereich der Trennfläche 6.1 plan. Wiederum sind aber in jedem Kanal 8.1 zueinander parallel erstreckende gerade Abschnitte 13.1 zweier einander benachbarter Leiter 3.1 aufgenommen, wobei in den Nuten 11.1 bzw. den Kanälen 8.1 zwischen den beiden jeweils darin aufgenommenen Leiterabschnitten 13.1 Stege 18 aus weichmagnetischem Material angeordnet sind. Die (parallel zur Achse 7 bestimmte) Höhe h der Stege 18 ist dabei geringer als die lichte Höhe H der Kanäle 8.1, so dass zwischen dem Steg 18 und der oberen Kernscheibe 5.1 ein axialer Spalt 19 verbleibt.

[0026] Nach Fig. 7 sind, zur Bildung der Kanäle 8.2, sowohl in der unteren Kernscheibe 4.2 als auch in der oberen Kernscheibe 5.2 - angrenzend an die zwischen diesen bestehende Trennfläche 6.2 - Nuten 11.2 bzw. 12.2 ausgeführt. Die jeweils einen Kanal 8.2 definierenden Nuten 11.2 und 12.2 sind von gleicher Breite, erstrecken sich radial und überlappen einander vollständig. In den Nuten 11.2 der unteren Kernscheibe 4.2 sind jeweils zwischen den beiden darin aufgenommenen Leiterabschnitten 13.2 an die untere Kernscheibe 4.2 angeformte Stege 20 aus weichmagnetischem Material angeordnet. Die (parallel zur Achse 7 bestimmte) Höhe der Stege 19 ist dabei wiederum geringer als die lichte Höhe der Kanäle 8.2, so dass zwischen dem Steg 20 und der oberen Kernscheibe 5.2 ein axialer Spalt 21 verbleibt.

[0027] Während bei dem in den Fig. 1 bis 5 veranschaulichten, vorstehend erläuterten Mehrphasen-Induktivitätenmodul jeder Leiter 3 zwei - durch die Anschlussabschnitte 15 gebildete - individuelle Anschlüsse 22 aufweist, sind bei dem in den Fig. 8 und 9 gezeigten Mehrphasen-Induktivitätenmodul die Leiter 3.3 mit jeweils einem ihrer beiden Enden mit einem gemeinsamen Anschluss 23 kontaktiert. Dieser umfasst einen um die Achse 7.3 herum angeordneten Anschlussring 24 und eine daran angeordnete Anschlussfahne 25. Der Anschlussring 24 ist etwa auf Höhe der oberen Kernscheibe 5.3 angeordnet. Die mit ihm verbundenen Enden 26 der Leiter 3.3 sind demgemäß, abweichend von dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 bis 5, nach oben gebogen, d.h. in die zu den individuellen Anschlüssen 22.3 entgegengesetzte Richtung. Die Anschlussfahne 25 ist parallel zur Achse 7.3 nach unten gerichtet, d.h. in die gleiche Richtung wie die individuellen Anschlüsse 22.3.

Patentansprüche

1. Mehrphasen-Induktivitätenmodul (1), insbesondere für einen Gleichstrom-Spannungswandler, umfassend eine Weichmagnet-Kernstruktur (2) und eine Mehrzahl von Leitern (3, 3.1, 3.2, 3.3), mit den folgenden Merkmalen:

- die Kernstruktur (2) umfasst mindestens zwei Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3), welche im Bereich mindestens einer Trennfläche (6, 6.1, 6.2, 6.3) zusammengefügt sind; die Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) sind untereinander identisch ausgeführt und gleichförmig um eine Achse (7, 7.3) herum angeordnet;
längs der Trennfläche (6, 6.1, 6.2, 6.3) erstrecken sich Kanäle (8, 8.1, 8.2, 8.3), welche durch die beiden Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) begrenzt und in welche die Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) eingelegt sind;
in den von jeweils einem Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) umschlossenen Bereichen (B) bestehen Zonen (Z1) mit gegenüber den verbleibenden Zonen (Z2) des betreffenden Bereiches erhöhter effektiver Spaltdicke;
mindestens eine der Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) weist einen zentralen Durchbruch (10, 10.3) auf.
2. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jedem Kanal (8, 8.1, 8.2, 8.3) zueinander parallele Abschnitte (13, 13.1, 13.2, 13.3) zweier einander benachbarter Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) verlaufen.
 3. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zwei identisch ausgeführte und spiegelbildlich zueinander angeordnete Kernscheiben (4, 5; 4.3, 5.3) umfasst.
 4. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Kernscheiben (4, 5; 4.3, 5.3) angrenzend an die Trennfläche (6, 6.3) einander teilweise überlappende Nuten (11, 12; 11.3, 12.3) aufweisen, wobei die Nuten bevorzugt zueinander parallel und um ein gegenüber der Hälfte ihrer Breite (B) geringeres Maß relativ zu einem zugeordneten Radius (R) versetzt sind.
 5. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Kernscheiben (4.2, 5.2) angrenzend an die Trennfläche (6.2) einander vollständig überlappende, bevorzugt sich radial erstreckende Nuten (11.2, 12.2) aufweisen.
 6. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bereitstellung der Kanäle (8.1) in nur einer der beiden Kernscheiben (4.1) angrenzend an die Trennfläche (6.1) Nuten (11.1) ausgeführt sind.
 7. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuten (8.1, 8.2) mindestens mit doppelter Breite der Leiter (3.1, 3.2) ausgeführt sind, wobei bevorzugt in den Nuten zwischen den beiden jeweils darin aufgenommenen Leitern Stege (18, 20) aus weichmagnetischem Material angeordnet sind.
 8. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bereitstellung der Zonen (Z1) erhöhter effektiver Spaltdicke zwischen den beiden Kernscheiben (4, 5; 4.3, 5.3) an mindestens einer Kernscheibe (4, 5; 4.3, 5.3) angrenzend an die Trennfläche (6, 6.3), bevorzugt zentrumsnah benachbart zu der Achse (7, 7.3), Vertiefungen (V, V.3) ausgeführt sind.
 9. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kanäle (8, 8.3) in den zentralen Durchbruch (10, 10.3) münden.
 10. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer geraden Anzahl von Leitern (3, 3.1, 3.2, 3.3) die Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) im Wesentlichen achsensymmetrisch ausgeführt sind.
 11. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) eine jeweils zwischen zwei benachbarten Kanälen (8, 8.1, 8.2, 8.3) verbleibende Erhebung (16, 16.3) der betreffenden Kernscheibe (4, 5; 4.3, 5.3) nur zu weniger als 360° umschlingen.
 12. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiter (3, 3.1, 3.2, 3.3) jeweils radial außen mindestens einen individuellen Anschluss (22, 22.3) aufweisen.
 13. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiter (3.3) mit jeweils einem ihrer Enden mit einem gemeinsamen Anschluss (23) kontaktiert sind.
 14. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gemeinsame Anschluss (23) einen um die Achse (7.3) herum angeordneten Anschlussring (24) umfasst.
 15. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) im Bereich der Trennfläche (6, 6.1, 6.2, 6.3) miteinander verklebt sind.

16. Mehrphasen-Induktivitätenmodul nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bereitstellung einer Mindestspaltdicke zwischen den beiden Kernscheiben (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) in den Klebstoff Partikel eingebettet sind.

Claims

1. Multi-phase inductor module (1), in particular for a D.C. voltage converter, comprising a soft magnet core structure (2) and a plurality of conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3), having the following features:

the core structure (2) comprises at least two core discs (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) which are joined together in the region of at least one separating surface (6, 6.1, 6.2, 6.3);

the conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) are identical to each other and arranged uniformly around an axis (7, 7.3);

channels (8, 8.1, 8.2, 8.3), which are delimited by the two core discs (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) and into which the conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) are inserted extend along the separating surface (6, 6.1, 6.2, 6.3);

in the regions (B) that are enclosed by one conductor (3, 3.1, 3.2, 3.3) each, zones (Z1) having an increased effective gap width compared to the other zones (Z2) of the region in question are provided;

at least one of the core discs (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) has a central through passage (10, 10.3).

2. The multi-phase inductor module according to Claim 1, **characterized in that** sections (13, 13.1, 13.2, 13.3) of two adjacent conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) which are parallel to one another extend in each channel (8, 8.1, 8.2, 8.3).

3. The multi-phase inductor module according to Claim 1 or Claim 2, **characterized in that** it comprises two identical core discs (4, 5; 4.3, 5.3) which are mirror-inverted with respect to each other.

4. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** two core discs (4, 5; 4.3, 5.3) adjoining the separating surface (6, 6.3) have grooves (11, 12; 11.3, 12.3) that partially overlap one another, wherein the grooves are preferably parallel to one another and offset by an amount which is smaller than half their width (B) relative to an assigned radius (R).

5. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** two core discs (4.2, 5.2) adjoining the separating surface (6.2)

have grooves (11.2, 12.2), preferably extending radially, which completely overlap one another.

6. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** in order to provide the channels (8.1) grooves (11.1) are formed in only one of the two core discs (4.1) adjoining the separating surface (6.1).

7. The multi-phase inductor module according to Claim 5 or Claim 6, **characterized in that** the grooves (8.1, 8.2) are formed with at least double the width of the conductors (3.1, 3.2), wherein in the grooves between the two conductors accommodated therein, webs (18, 20) made of soft magnetic material are preferably arranged.

8. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** to provide the zones (Z1) of increased effective gap width between the two core discs (4, 5; 4.3, 5.3), on at least one core disc (4, 5; 4.3, 5.3) adjacent to the separating surface (6, 6.3) depressions (V, V3) are formed preferably near the centre adjacent to the axis (7, 7.3).

9. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the channels (8, 8.3) lead into the central through passage (10, 10.3).

10. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 9, **characterized in that** in the case of an even number of conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) the core discs (4, 5; 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) are substantially axially symmetrical.

11. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) surround an elevation (16, 16.3) that remains between in each case two adjacent channels (8, 8.1, 8.2, 8.3) of the core disc (4, 5; 4.3, 5.3) but only by less than 360°.

12. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the conductors (3, 3.1, 3.2, 3.3) each have at least one individual terminal (22, 22.3) radially to the outside.

13. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 12, **characterized in that** the conductors (3.3) are contacted in each case with one of their ends to a common terminal (23).

14. The multi-phase inductor module according to Claim 13, **characterized in that** the common terminal (23) comprises a connecting ring (24) arranged around the axis (7.3).

15. The multi-phase inductor module according to any one of Claims 1 to 13, **characterized in that** the two core discs (4, 5; 4.1, 5.1; 4.2, 5.2; 4.3, 5.3) are adhesively bonded together in the area of the separating surface (6, 6.1, 6.2, 6.3).

5

16. The multi-phase inductor module according to Claim 15, **characterized in that** to provide a minimum gap width between the two core discs (4, 5; 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3), particles are embedded into the adhesive.

10

Revendications

1. Module d'inductance polyphasé (1), en particulier pour un transformateur de tension à courant continu, comprenant une structure de noyau en matériau magnétique doux (2) et une pluralité de conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3) avec les caractéristiques suivantes :

15

la structure de noyau (2) comprend au moins deux disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) qui sont assemblés au niveau d'au moins une surface de séparation (6, 6.1, 6.2, 6.3),

25

les conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3) sont exécutés de façon identique entre eux et sont disposés uniformément autour d'un axe (7, 7.3),

des canaux (8, 8.1, 8.2, 8.3) s'étendent le long de la surface de séparation (6, 6.1, 6.2, 6.3) délimités par les deux disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) et dans lesquels sont insérés les conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3),

30

dans les secteurs (B) respectivement entourés par un conducteur (3, 3.1, 3.2, 3.3), sont ménagées des zones (Z1) avec une épaisseur d'entrefer effective supérieure à celle des autres zones (Z2) du secteur concerné,

35

au moins un des disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) comporte un passage central (10, 10.3).

40

2. Module d'inductance polyphasé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** dans chaque canal (8, 8.1, 8.2, 8.3) passent des tronçons parallèles entre eux (13, 13.1, 13.2, 13.3) de deux conducteurs adjacents l'un par rapport à l'autre (3, 3.1, 3.2, 3.3).

45

3. Module d'inductance polyphasé selon la revendication 1 ou la revendication 2 **caractérisé en ce qu'il** comprend deux disques de noyau (4, 5, 4.3, 5.3) de conception identique et disposés symétriquement l'un par rapport à l'autre.

50

4. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** deux disques de noyau (4, 5, 4.3, 5.3) comportent à

55

proximité de la surface de séparation (6, 6.3) des rainures se chevauchant pour partie entre elles (11, 12, 11.3, 12.3), pour lequel les rainures sont de préférence parallèles entre elles et décalées d'une dimension plus faible comparée à la moitié de leur largeur (B) par rapport à un rayon attribué (R).

5. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** deux disques de noyau (4.2, 5.2) comportent à proximité de la surface de séparation (6.2) des rainures (11.2, 12.2) se chevauchant complètement entre elles, s'étendant de préférence radialement.

6. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** des rainures (11.1) sont exécutées à proximité de la surface de séparation (6.1) dans seulement un des deux disques de noyau (4.1) pour pouvoir disposer des canaux (8.1).

7. Module d'inductance polyphasé selon la revendication 5 **caractérisé en ce que** les rainures (8.1, 8.2) sont au moins exécutées avec une largeur double des conducteurs (3.1, 3.2), pour lequel des moulures (18, 20) en matériau magnétique doux sont disposées de préférence dans les rainures entre les deux conducteurs respectivement logés dedans.

8. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 **caractérisé en ce que** des creux (V, V.3) sont exécutés à proximité de la surface de séparation (6, 6.3), de préférence proche du centre à proximité de l'axe (7, 7.3) pour pouvoir disposer des zones (Z1) d'une épaisseur d'entrefer effective augmentée entre les deux disques de noyau (4, 5, 4.3, 5.3) sur au moins un disque de noyau (4, 5, 4.3, 5.3).

9. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **caractérisé en ce que** les canaux (8, 8.3) débouchent dans le passage central (10, 10.3).

10. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 **caractérisé en ce que** pour un nombre pair de conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3), les disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) sont exécutés pour l'essentiel de façon symétrique à l'axe.

11. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 **caractérisé en ce que** les conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3) entourent à un peu moins de 360° une autre élévation (16, 16.3) du disque de noyau concerné (4, 5, 4.3, 5.3) située respectivement entre deux canaux voisins (8, 8.1, 8.2, 8.3).

12. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 **caractérisé en ce que** les conducteurs (3, 3.1, 3.2, 3.3) comportent respectivement radialement à l'extérieur au moins un raccord (22, 22.3) individuel. 5
13. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **caractérisé en ce que** les conducteurs (3.3) sont respectivement avec une de leurs extrémités en contact avec un raccord commun (23). 10
14. Module d'inductance polyphasé selon la revendication 13 **caractérisé en ce que** le raccord commun (23) comprend une bague de raccord (24) disposée autour de l'axe (7.3). 15
15. Module d'inductance polyphasé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 **caractérisé en ce que** les deux disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3) sont collés entre eux au niveau de la surface de séparation (6, 6.1, 6.2, 6.3). 20
16. Module d'inductance polyphasé selon la revendication 15 **caractérisé en ce que** des particules sont incorporées dans la colle pour pouvoir disposer d'une épaisseur d'entrefer minimale entre les deux disques de noyau (4, 5, 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, 4.3, 5.3). 25

30

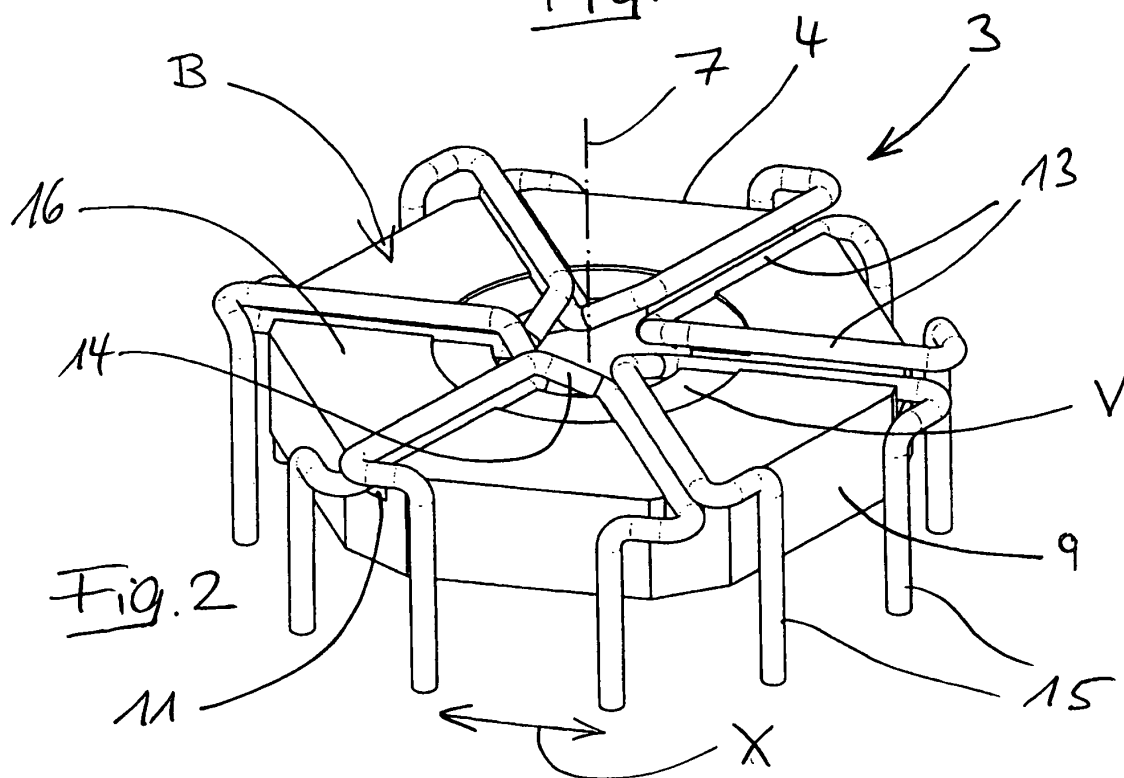
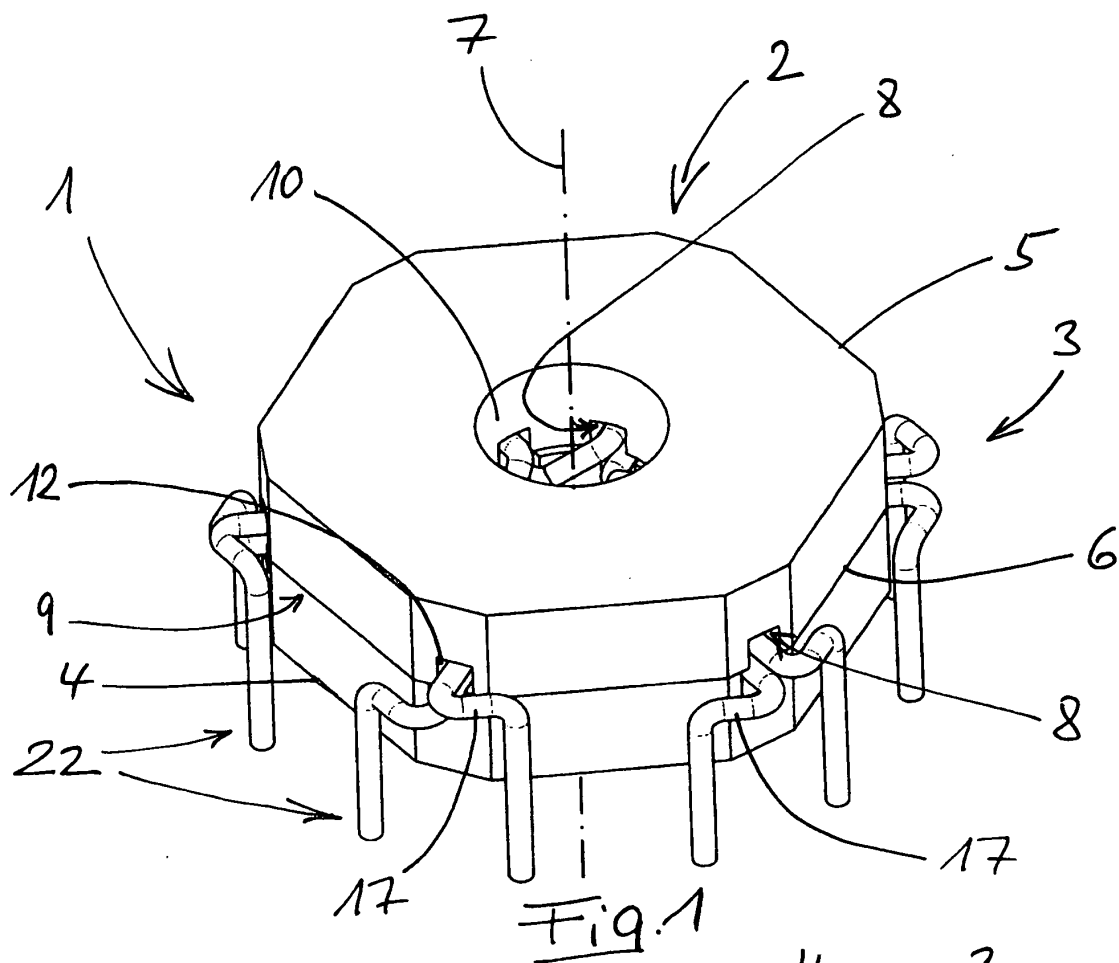
35

40

45

50

55



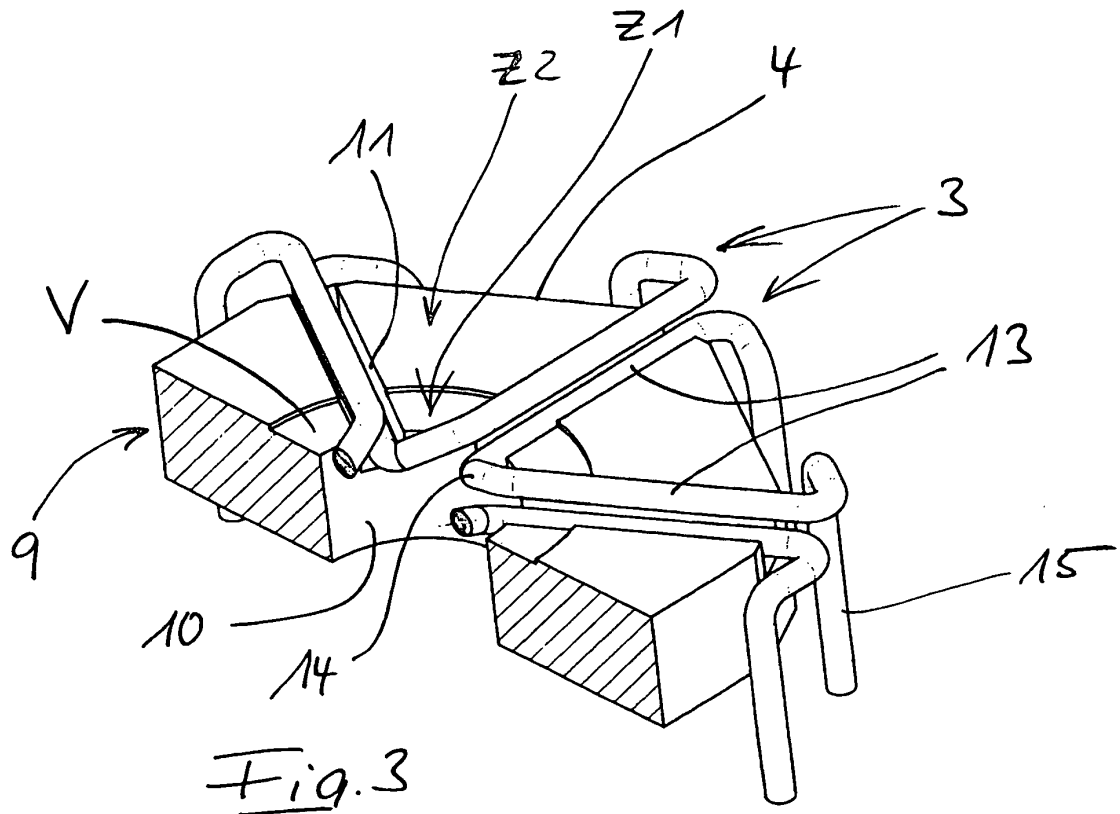


Fig. 3

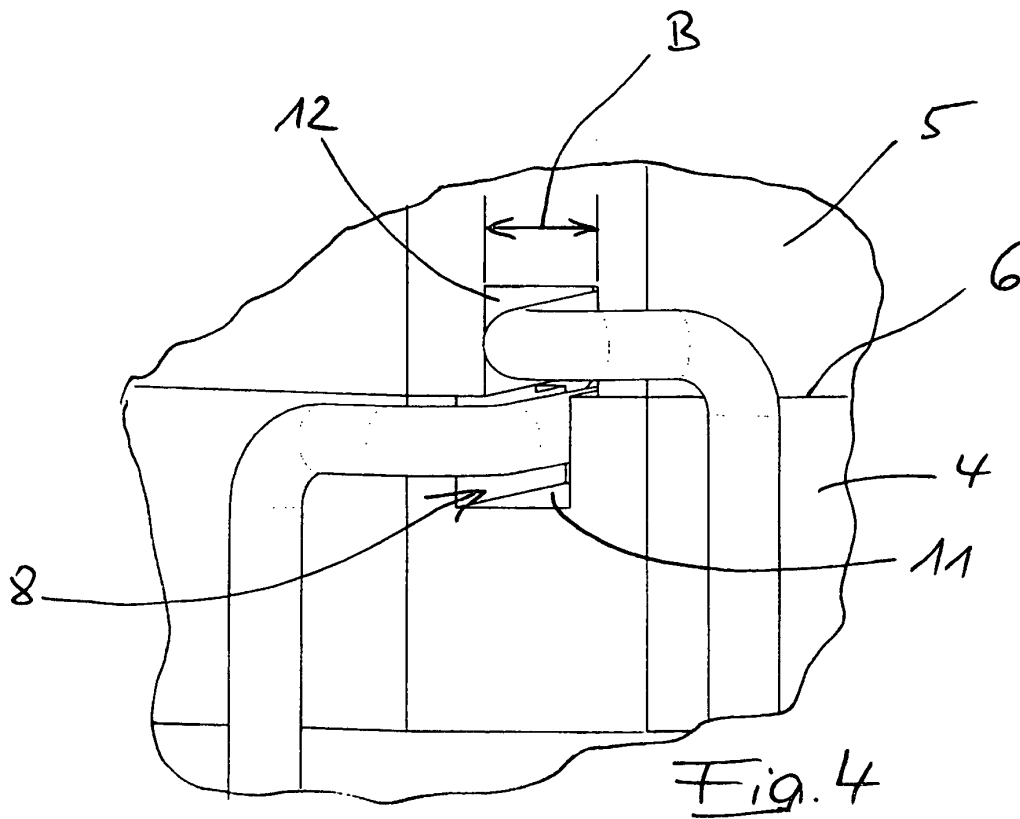
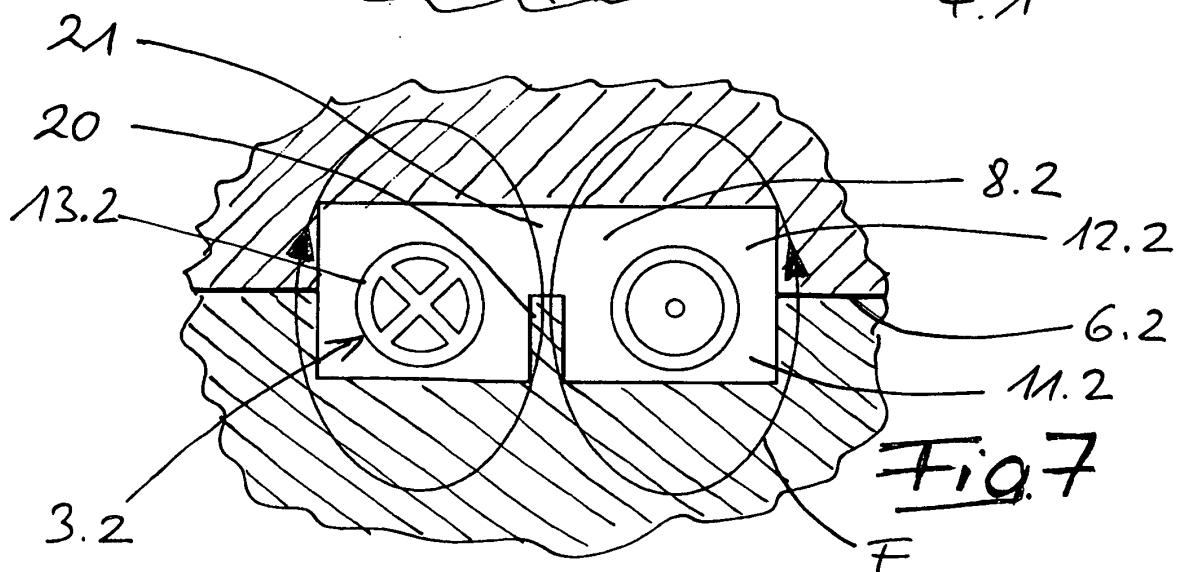
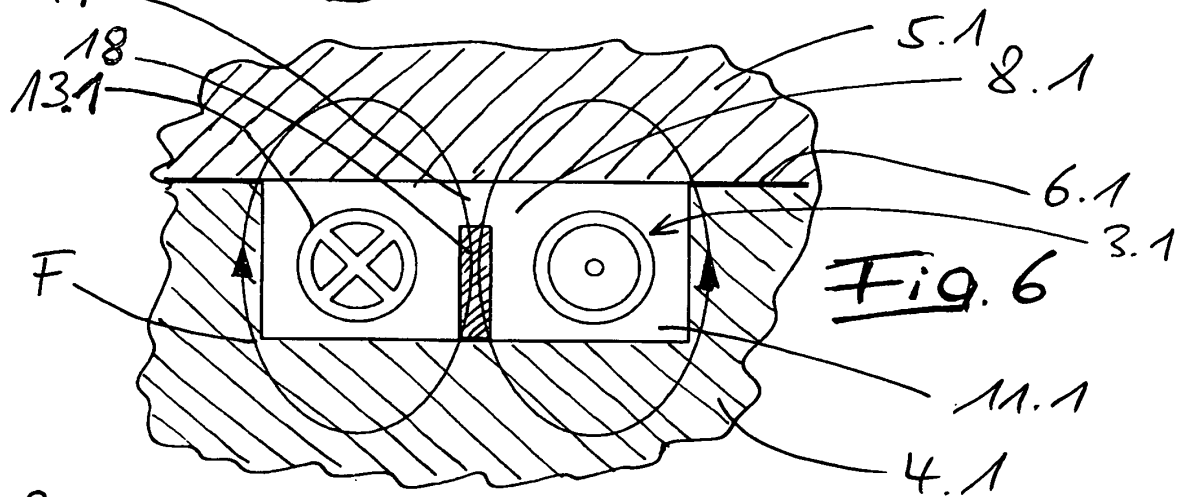
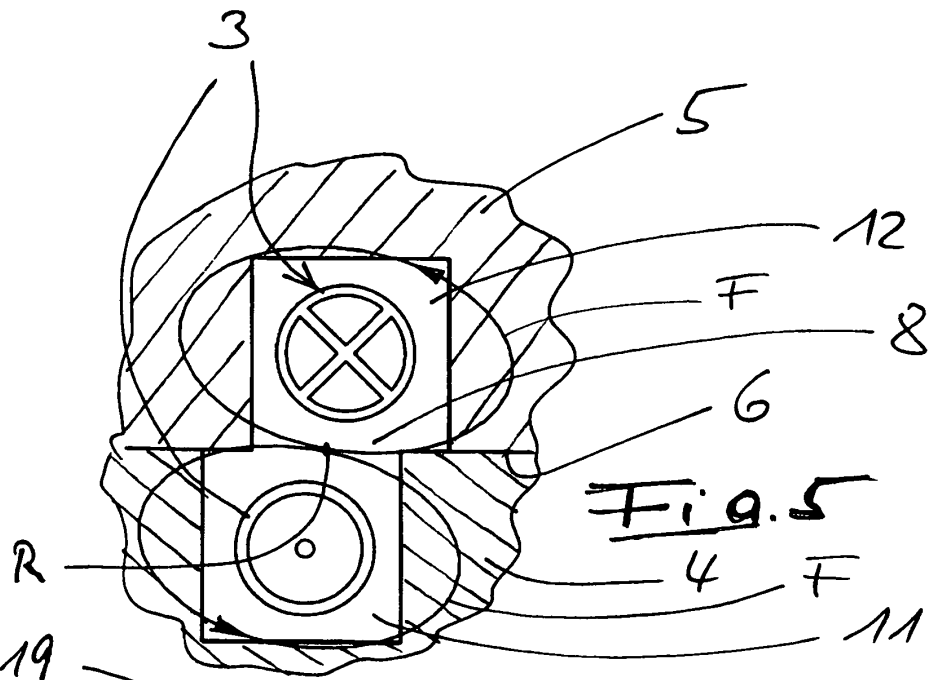
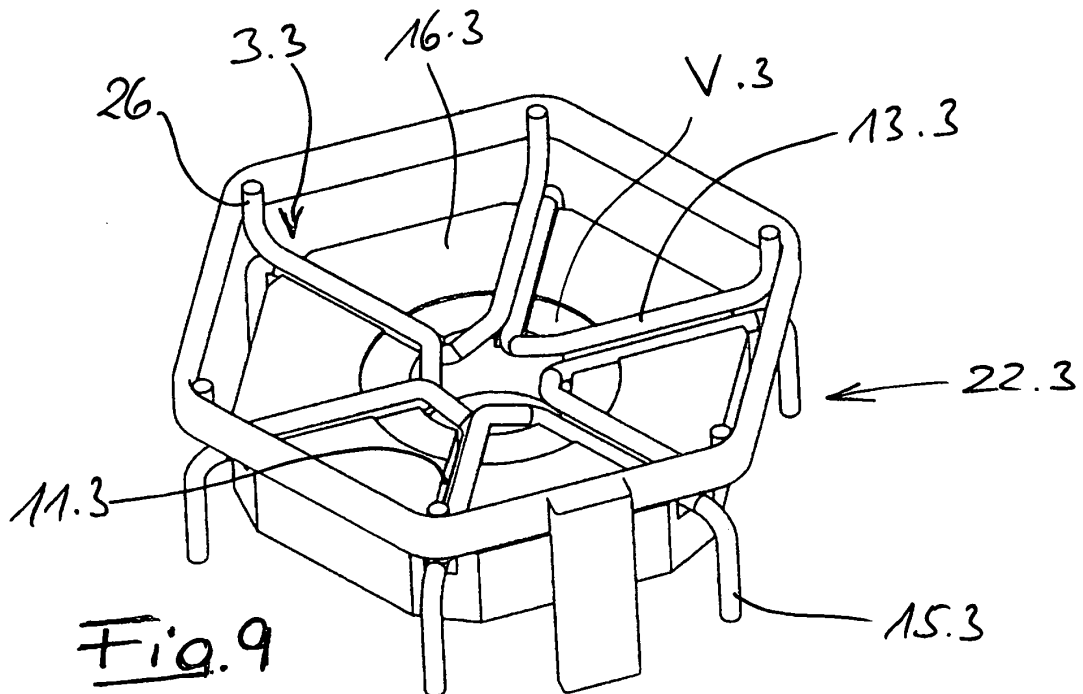
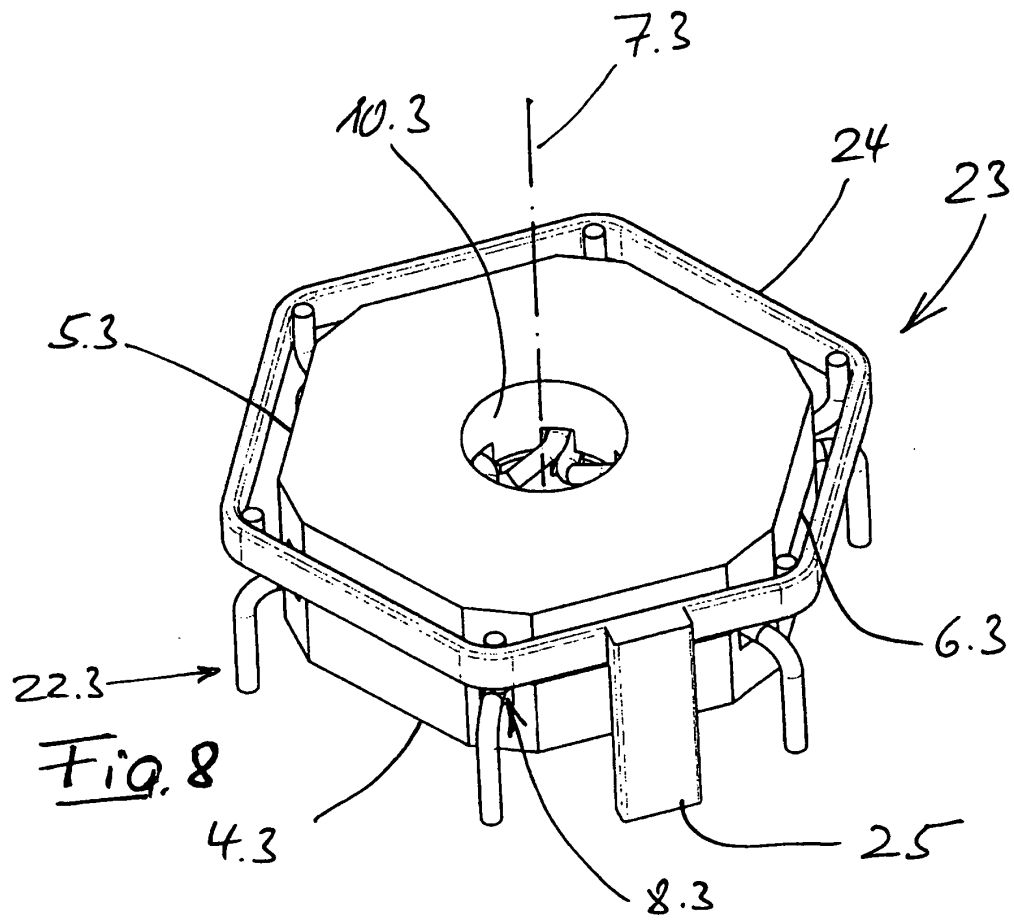


Fig. 4





IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6362986 B1 [0002]
- EP 2081287 A1 [0002]
- WO 2009037135 A1 [0002]
- WO 0175911 A1 [0002]
- US 20030206087 A1 [0002]
- US 20100007457 A1 [0002]